

Pemetaan Defisiensi Unsur Hara Kalium dan Magnesium pada Tanaman Kelapa Sawit Berbasis Satelit dan Drone di PT Bhumireksa Nusa Sejati

Selawati*), Dian Pratama Putra, Herry Wirianata

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta

*)Email Korespondensi: selawatiagro111@gmail.com

ABSTRAK

Keberlanjutan industri kelapa sawit sangat bergantung pada pengelolaan unsur hara yang optimal, karena kalium (K) berperan meningkatkan efisiensi fotosintesis, transportasi air dan nutrisi, serta ketahanan tanaman, sedangkan magnesium (Mg) merupakan komponen utama klorofil yang mendukung proses fotosintesis dan pembentukan minyak. Tujuan penelitian ini mengidentifikasi dan memetakan tingkat defisiensi unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman kelapa sawit di PT Bhumireksa Nusa Sejati menggunakan data satelit dan drone. Penelitian ini dilaksanakan di Perkebunan Mandah Estate PT Bhumireksa Nusa Sejati, Kecamatan Mandah, Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Waktu penelitian ini adalah bulan Juni 2025 s/d Juli 2025. Penelitian ini, menggunakan metode *Backward Chaining* dengan rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan model panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat defisiensi unsur hara kalium (K) dan magnesium (Mg) pada tanaman kelapa sawit di PT Bhumireksa Nusa Sejati dapat diidentifikasi menggunakan data citra satelit dan drone. Peta NDVI dari citra Sentinel-2 juga menunjukkan adanya variasi spasial kondisi vegetasi pada blok penelitian. Hubungan kandungan unsur hara Kalium (K) tanah dan K daun menunjukkan korelasi negatif dengan nilai koefisien (R^2) = 0,2212, dan Magnesium (Mg) tanah dan daun dengan nilai koefisien (R^2) = 0,3681. Hasil pemetaan defisiensi unsur hara kalium (K) dan magnesium (Mg) berbasis citra satelit dan drone memberikan informasi tingkat kesehatan dan kesuburan pada tanaman kelapa sawit di PT Bhumireksa Nusa Sejati.

Kata Kunci: Kelapa Sawit, Kalium, Magnesium, Citra satelit, Drone

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah tanaman industri atau perkebunan yang diolah sebagai penghasil bahan baku minyak masak, minyak perseroan, maupun bahan bakar. Dalam pengembangan usaha budidaya tanaman kelapa sawit, beberapa masalah yang dihadapi oleh pengusaha atau petani salah satunya defisiensi hara (Wati et al., 2022).

Defisiensi unsur hara terjadi ketika ketersediaan nutrisi dalam tanah tidak mencukupi kebutuhan fisiologis tanaman, yang dapat diperparah oleh kondisi seperti tekstur tanah yang buruk, erosi, pH yang tidak sesuai, serta persaingan dengan gulma. Dalam menghadapi kekurangan ini, tanaman akan menyesuaikan diri melalui perubahan morfologi, proses biokimia, dan interaksi dengan mikroorganisme di zona akar (rizosfer) untuk meningkatkan penyerapan hara. Kekurangan unsur hara ini dapat mengganggu pembentukan klorofil

sehingga kadar klorofil dalam daun menurun, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kemampuan fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Aminudin et al., 2016).

Dengan kondisi seperti itu menunjukkan bahwa tanaman memerlukan unsur hara esensial meliputi nitrogen (N) untuk pertumbuhan daun, fosfor (P) untuk perkembangannya, kalium (K) untuk pembentukan buah dan kualitas minyak, serta magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) yang mendukung metabolisme tanaman. Kalium (K) dan magnesium (Mg) merupakan unsur hara esensial yang sangat berperan dalam proses fotosintesis, pembentukan buah, serta ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan (Harahap et al., 2024).

Seiring dengan banyaknya kebutuhan untuk memantau kondisi tanaman sejak dini, dengan penginderaan jarak jauh lebih efektif untuk memantau keadaan tanaman kelapa sawit. Penginderaan jauh menggunakan pantulan radiasi elektromagnetik dari vegetasi untuk memantau kondisi tanaman. Indeks vegetasi seperti NDVI membantu mendeteksi stres tanaman dan kekurangan hara sejak dini, karena mampu mengukur kandungan klorofil dan nitrogen (Putra et al., 2023). Citra satelit seperti Sentinel menyediakan data luas dan berkala dengan resolusi menengah (10 m), sehingga analisis lahan, deteksi hara, dan prediksi hasil panen dapat dilakukan secara efisien (Corley et al., 2018). Drone atau UAV adalah robot cerdas yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Alat ini mampu menangkap citra beresolusi tinggi pada area spesifik dengan fleksibilitas tinggi. Dengan sensor multispektral atau hiperspektral dan non multispektral dengan resolusi spasial tinggi (4 m), drone dapat mendeteksi variasi kecil dalam kesehatan tanaman hingga tingkat individu (Sekarsih et al., 2025).

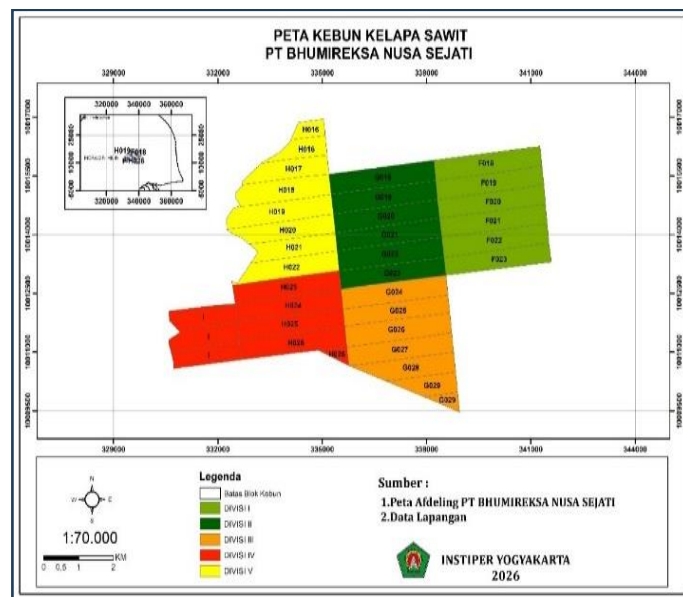
Hasil pemetaan defisiensi unsur hara kalium dan magnesium dapat diintegrasikan ke dalam sistem pengambilan keputusan melalui perangkat lunak atau platform digital. Informasi ini digunakan untuk membuat rekomendasi pemupukan yang spesifik per lokasi, baik dalam bentuk peta aplikasi maupun data numerik, yang tidak hanya meningkatkan ketepatan dalam distribusi pupuk, tetapi juga mempercepat proses perencanaan dan pelaksanaan pemupukan di lapangan (Baitu et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Perkebunan Kelapa Sawit Mandah Estate PT Bhumireksa Nusa Sejati, Kecamatan Mandah, Indragiri Hilir. Provinsi Riau, pada bulan Juni 2025 - Juli 2025. Mengumpulkan data citra satelit dari ESA Copernicus Open Access Hub band NIR Beresolusi 10 m dengan waktu yang berbeda dan drone (DJI Mavic 2 Enterprise non multispektral resolusi 4 m) dari lokasi penelitian yang dianalisis menggunakan perangkat lunak GIS, serta memverifikasi hasil spasial dengan uji daun dan tanah sehingga menghasilkan peta defisiensi unsur hara yang valid. Penelitian menggunakan rancangan model panel, yaitu menganalisis data beberapa lokasi pada beberapa waktu citra satelit dan drone sebagai pendukung.

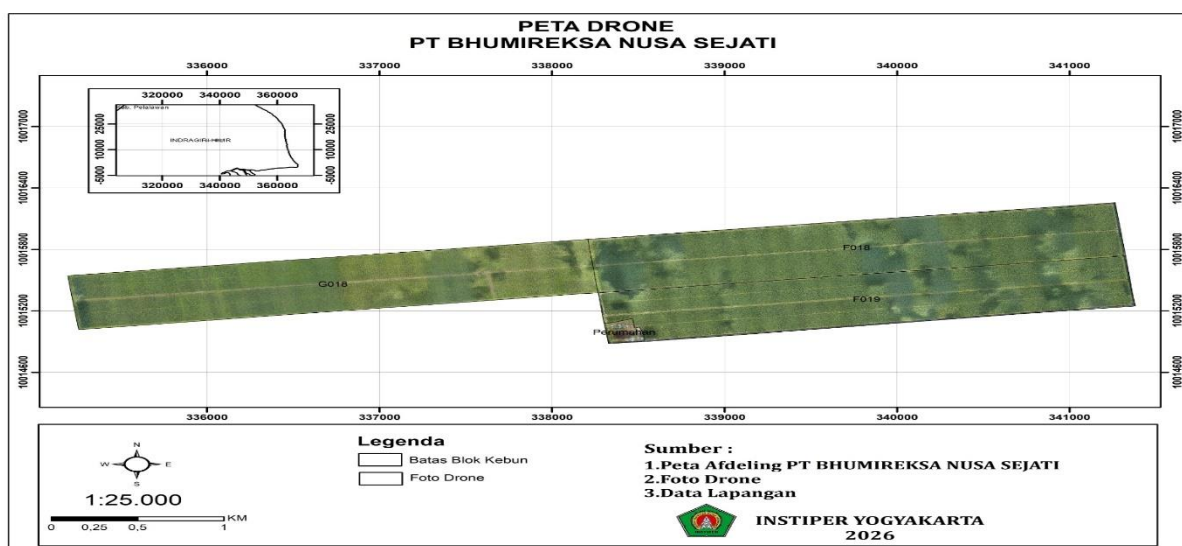
HASIL DAN PEMBAHASAN

Areal perkebunan kelapa sawit PT Bhumireksa Nusa Sejati di Kecamatan Mandah, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau, dengan topografi datar. Penelitian dilakukan di Mandah Estate, tepatnya Divisi 1, blok F018 dan F019 (tanam 2015, umur 11 tahun) serta Divisi 2, blok G018 (tanam 2022, umur 4 tahun). Tanah di lokasi ini didominasi oleh tanah Organosol (*Histosol*) dengan kandungan bahan organik tinggi, sehingga memerlukan pengelolaan khusus untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman kelapa sawit di perusahaan.



Gambar 1. Peta Mandah Estate

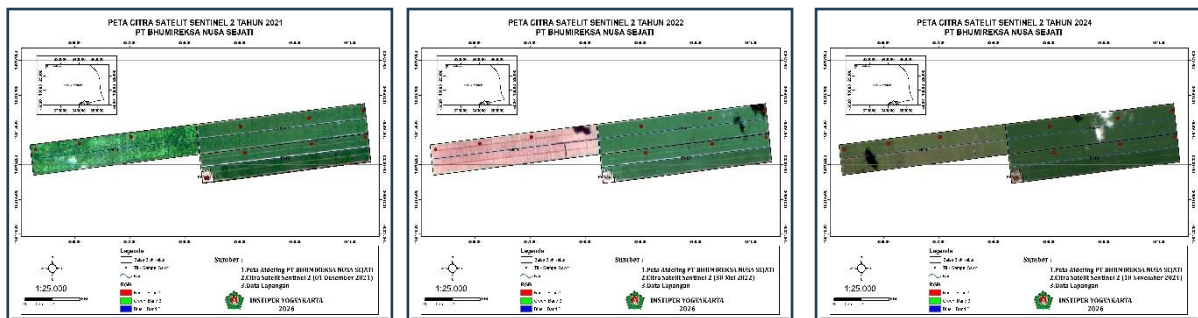
Dari hasil peta drone menampilkan pola visual ketidakseragaman warna tajuk dengan defisiensi kalium (K) yang cenderung tepi daun menguning dan defisiensi Mg memperlihatkan klorosis pada daun tua. Berdasarkan pola tersebut, disusun peta sebaran defisiensi berbasis drone yang mengidentifikasi area tanaman sehat dan area yang berpotensi defisiensi unsur hara. Pemetaan penggunaan drone mampu menghasilkan ketidakseragaman warna tajuk, klorosis tepi daun akibat kekurangan K, maupun klorosis pada daun tua akibat kekurangan Mg sebagai indikasi gejala defisiensi unsur hara per individu tanaman, dapat dideteksi per pohon kelapa sawit. Sedangkan, citra satelit seperti sentinel 2 menggabungkan kondisi tanaman pada skala blok sehingga kurang sensitif terhadap variasi gejala defisiensi. Oleh karena itu, peta berbasis drone lebih efektif untuk deteksi area defisiensi, penentuan lokasi prioritas penegelolaan hara, validasi hasil analisis dibandingkan citra satelit.



Gambar 2. Peta Drone

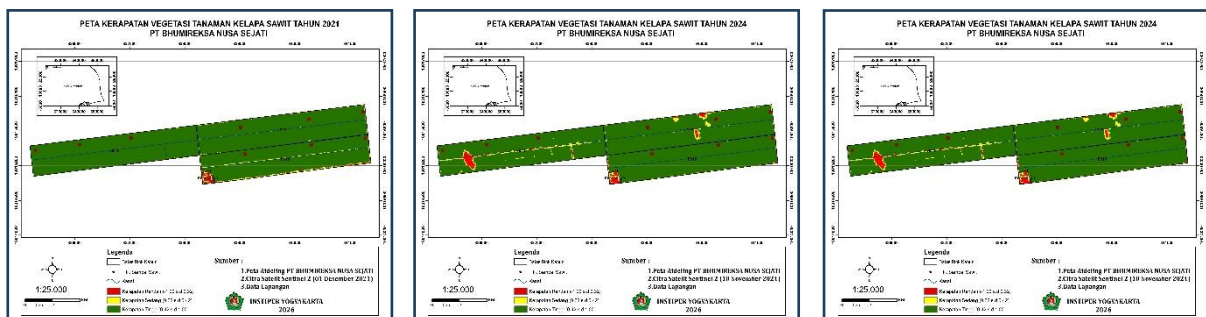
Untuk mendukung pemantauan kondisi tanaman secara lebih menyeluruh, dapat dilakukan melalui pendekatan penginderaan jauh menggunakan indeks vegetasi. NDMI

(*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks vegetasi yang dihitung melalui pita near-infrared (NIR) dan pita merah (red) melalui citra satelit, mencerminkan tingkat kehijauan dan aktivitas fotosintesis vegetasi. NDVI dihitung sebagai rasio perbedaan pantulan NIR dan merah terhadap jumlahnya, menjadikannya indikator yang sensitif terhadap variasi biomassa dan kesehatan tanaman pada lanskap luas. Penggunaan citra sentinel 2 untuk NDVI dapat memantau kondisi vegetasi secara berulang dengan resolusi (10 m) dan resolusi temporal pendek (setiap 5 hari), efektif untuk deteksi perubahan kondisi vegetasi, stres tanaman dan variasi tutupan vegetasi di lahan perkebunan kelapa sawit. Studi pemanfaatan NDVI dari sentinel 2 memperlihatkan kemampuan yang kuat dalam mendeteksi dinamika vegetasi dan variasi pola pertumbuhan tanaman pada berbagai lanskap (Brillyansyah et al., 2024).



Gambar 2. Peta Citra satelit sentinel 2

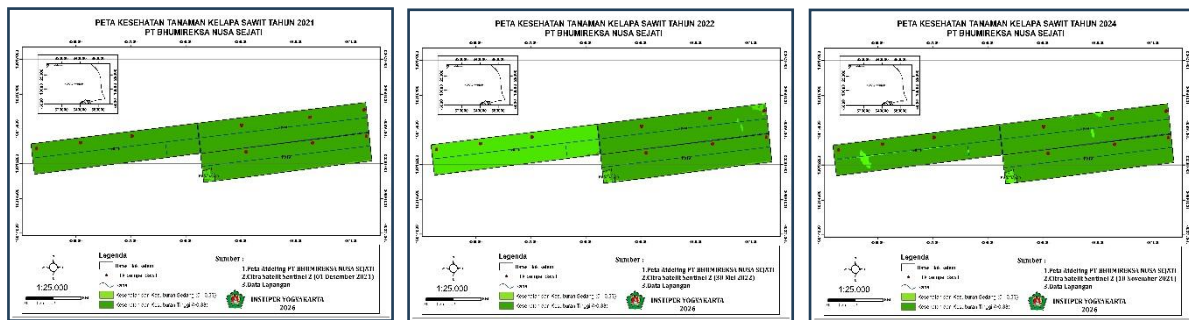
Berdasarkan ketiga gambar peta citra satelit sentinel 2 yang dihasilkan, kondisi tutupan vegetasi pada area perkebunan kelapa sawit di lokasi penelitian memiliki tingkat kerapatan yang bervariasi. Warna hijau dan merah memiliki tingkat kerapatan tinggi, sedangkan warna yang lebih pucat tingkat kerapatan rendah. Pola sebaran menunjukkan adanya perbedaan kondisi tanaman antar blok kebun yang memungkinkan dipengaruhi oleh faktor kesuburan tanah, ketersediaan hara, serta pengelolaan lahan. Secara umum, peta kerapatan ini memberikan gambaran spasial mengenai kondisi tanaman yang dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis kesehatan dan perencanaan pengelolaan kebun yang lebih tepat.



Gambar 3. Kerapatan Tanaman Kelapa Sawit

Berdasarkan peta kerapatan vegetasi tahun 2021, 2022, dan 2024, terlihat adanya perubahan kondisi vegetasi pada area blok penelitian. Pada 2021, vegetasi didominasi kelas tinggi yang menunjukkan kondisi tanaman yang baik. Pada 2022, tampak peningkatan area bervegetasi rendah di beberapa blok, sementara sebagian area masih menunjukkan kerapatan tinggi. Pada 2024, perubahan kembali terlihat dengan penyebaran vegetasi rendah

dan sedang dan sebagian tinggi. Perubahan ini menunjukkan adanya dinamika yang dipengaruhi oleh faktor tanah, ketersediaan unsur hara, dan pengelolaan kebun blok penelitian.



Gambar 4. Peta Kesehatan Tanaman Kelapa Sawit

Berdasarkan peta kesehatan tanaman kelapa sawit tahun 2021, 2022, dan 2024, kondisi tanaman yang ditampilkan pada peta diarea penelitian secara umum berada pada kategori sehat yang ditunjukkan oleh dominasi warna hijau dan hampir seluruhnya sehat tanpa ada sebaran tanaman sakit. Pada tahun 2024, meskipun sebagian titik menunjukkan beberapa indikasi adanya tanaman yang sakit. Adanya dinamika perubahan kondisi kesehatan tanaman kelapa sawit ini memungkinkan dipengaruhi oleh faktor pemeliharaan, kondisi lingkungan, serta ketersediaan unsur hara di perkebunan.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah dan Status Kandungan Unsur Hara K dan Mg

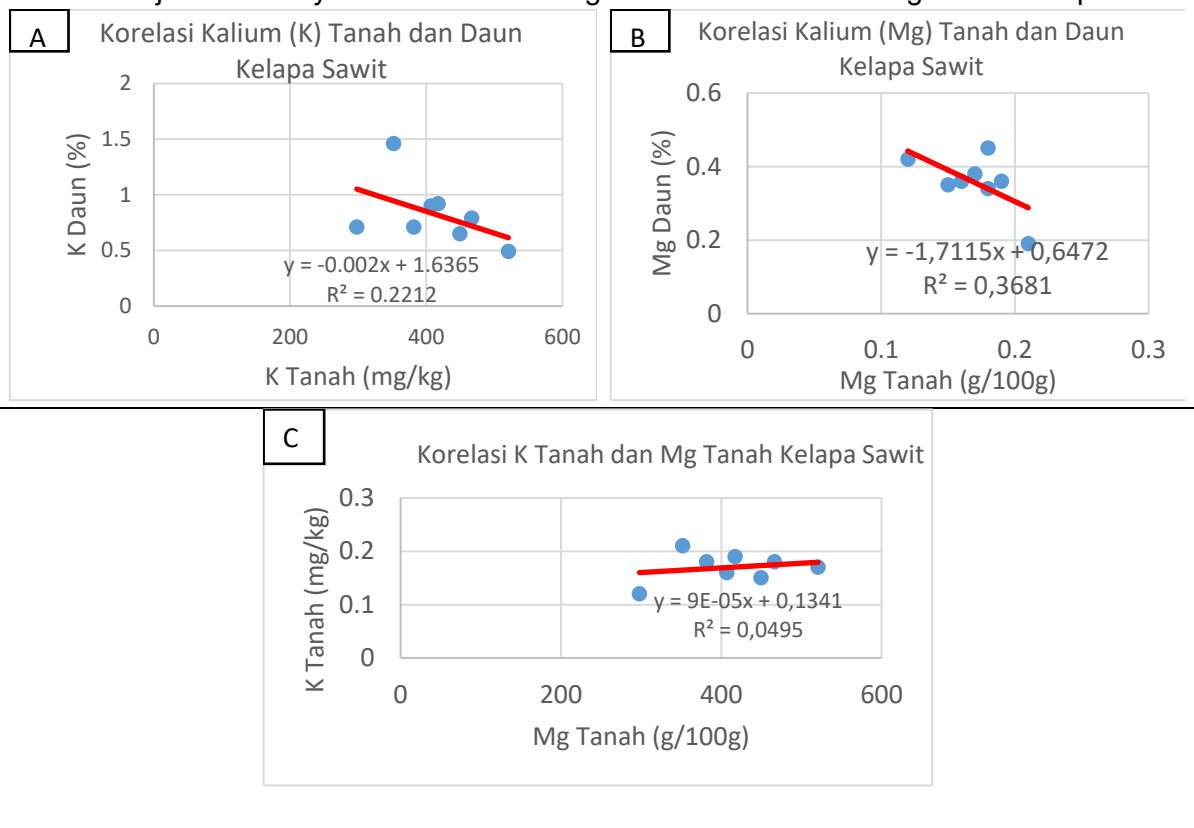
Sampel	K (mg/kg)	Mg (g/100 g)	Harkat K	Harkat Mg
10–14	301.4	0.14	Tinggi	Rendah
40–44	407.0	0.16	Tinggi	Sedang
70–74	298.0	0.12	Sedang	Rendah
153–157	449.6	0.15	Tinggi	Sedang
183–187	520.8	0.17	Sangat Tinggi	Sedang
213–217	352.0	0.21	Tinggi	Tinggi
296–300	417.4	0.19	Tinggi	Sedang
326–330	466.6	0.18	Tinggi	Sedang
356–360	381.8	0.18	Tinggi	Sedang

Berdasarkan Tabel 1 klasifikasi kadar hara tanah menurut (Hardjowigeno, 2015), hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan kalium (K) pada sebagian besar titik pengamatan berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, sehingga secara umum ketersediaan K di lokasi penelitian tergolong cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman, meskipun pada sampel 70–74 masih berada pada kategori sedang. Sementara itu, kandungan magnesium (Mg) menunjukkan variasi antar lokasi, di mana beberapa titik seperti sampel 10–14 dan 70–74 termasuk kategori rendah, sebagian besar berada pada kategori sedang, dan hanya satu lokasi yaitu sampel 213–217 yang tergolong tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan Mg di tanah belum merata, sehingga pada beberapa titik pengamatan masih diperlukan perhatian dalam pengelolaan unsur hara tanah. Dengan begitu, informasi ini sangat penting untuk manajemen pemupukan di kedepannya agar lebih efisien.

Tabel 2. Hasil analisis daun dan status kandungan unsur hara K dan Mg

Kode Sampel	K (%)	Mg (%)	Harkat K	Harkat Mg
TMN.25.271	0.91	0.33	Optimum	Optimum
TMN.25.272	0.90	0.36	Optimum	Optimum
TMN.25.273	0.71	0.42	Defisiensi	Cukup tinggi / mendekati tinggi
TMN.25.274	0.65	0.35	Defisiensi	Optimum
TMN.25.275	0.49	0.38	Defisiensi berat	Optimum
TMN.25.276	1.46	0.19	Tinggi (di atas optimum)	Defisiensi
TMN.25.277	0.92	0.36	Optimum	Optimum
TMN.25.278	0.79	0.34	Rendah (mendekati defisiensi)	Optimum
TMN.25.279	0.71	0.45	Defisiensi	Tinggi

Berdasarkan tabel standar harkat hara daun kelapa sawit menurut (Fairhurst. T, 2003), hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar sampel memiliki status Mg pada kategori optimum, sedangkan unsur K menunjukkan variasi yang lebih besar antar lokasi sampel. Sampel TMN. 25.271, TMN.25.272, dan TMN.25.277 dengan kondisi K optimum, menunjukkan ketersediaan kalium relatif mencukupi untuk pertumbuhan tanaman. Namun, ada beberapa titik seperti sampel TMN.25.273, TMN.25.274, TMN.25.275, dan TMN.25.279 menunjukkan defisiensi K, bahkan pada sampel TMN.25.275 tergolong defisiensi berat, sehingga area tersebut berpotensi memerlukan penambahan pupuk kalium. Sebaliknya, TMN.25.276 yang mengalami defisiensi Mg dan TMN.25.279 yang tergolong tinggi. Pola ini telah menunjukkan adanya variasi keseimbangan antara Unsur K dan Mg dari beberapa lokasi.



Gambar 6. (A. Grafik Korelasi K tanah dan K Daun, B. Grafik Korelasi Mg Tanah dan Mg daun, dan C. Grafik Korelasi K tanah dan Mg Tanah)

Berdasarkan gambar 6. (A dan B), hubungan antara kesuburan tanah dan daun dari unsur hara K dan Mg pada tanaman kelapa sawit menunjukkan cenderung bersifat negatif. Korelasi antara K tanah dan K daun memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2212, sedangkan Mg tanah dan Mg daun sebesar 0,3681. Dengan begitu hal ini menunjukkan bahwa peningkatan unsur hara kalium dan magnesium didalam tanah tidak selalu diikuti oleh peningkatan kandungan unsur hara pada daun, tetapi dari faktor lain seperti keseimbangan antara unsur hara, kondisi fisik dan kimia tanah, serta kemampuan sistem perakaran dalam menyerap nutrisi. Oleh karena itu, hubungan antara unsur hara tanah dan daun pada penelitian ini tergolong lemah dan dipengaruhi oleh berbagai faktor diluar variabel yang diteliti. Kemudian berdasarkan gambar 2. (C), hubungan antara kesuburan tanah dari unsur hara K dan Mg pada tanaman kelapa sawit menunjukkan hubungan yang sangat lemah dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,049. Dengan begitu hal ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan Mg tanah cenderung diikuti peningkatan K tanah sebesar $\pm 0,0009$ Mg Tanah (g/100g).

KESIMPULAN

1. Defisiensi Unsur Hara K dan Mg dapat dipetakan dengan citra satelit dan drone, keduanya mampu menunjukkan variasi kondisi vegetasi dan gejala defisiensi pada tanaman kelapa sawit.
2. Hubungan kandungan unsur hara Kalium (K) tanah dan K daun menunjukkan korelasi negative dengan nilai koefisien (R^2) = 0,2212), dan Magnesium (Mg) tanah dan daun dengan nilai koefisien (R^2) sebesar 0,3681. Sehingga hasil dari pemetaan terkonfirmasi sesuai dengan hasil korelasi yang ada.
3. Hasil dari pemetaan membantu manajemen kebun menentukan pemupukan yang tepat, karena menunjukkan lokasi prioritas kekurangan unsur hara sehingga pemupukan dapat dilakukan lebih efisien dan sesuai kebutuhan tanaman kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, H., Safriyani, E., Warjiyanto, W., & Sutejo, S. (2016). Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Tanah Gambut Berbagai Ketinggian Genangan. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 18(3), 135. <https://doi.org/10.22146/ipas.5433>
- Baitu, G. P., Jokonya, O., Banwart, S., & Korsten, L. (2025). *Digitalization of precision fertilization in East Africa: adoption , benefits and losses*. March, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1497577>
- Brillyansyah, D. F., Afnani, F., & Prasetyo, A. (2024). *Pemanfaatan Google Earth Engine dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Kabupaten Jember Menggunakan Citra Sentinel-2 Utilization of Google Earth Engine in Identifying Vegetation Density Index*. November, 39–46. <https://doi.org/10.25047/nacia.v2i1.252>
- Corley, R. H. V., Rao, V., Palat, T., & Praiwan, T. (2018). Breeding for drought tolerance in oil palm. *Journal of Oil Palm Research*, 30(1), 26–35. <https://doi.org/10.21894/jopr.2017.00011>
- Fairhurst, T. R. H. (2003). *Kelapa sawit: pengelolaan untuk hasil panen besar dan berkelanjutan*.
- Harahap, S., Aruan, P. R., & Aryanto, Y. D. (2024). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan Palmgrow sebagai Alternatif Media Tanam Hidroponik Berbahan*. 5(2), 45–55.
- Hardjowigeno, S. (2015). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Putra, D. P., Nugraha, N. S., Yuniasih, B., & Suparyanto, T. (2023). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan Program Pakar untuk Penentu Kesehatan Tanah dengan Metode Backward Chaining berbasis Landsat Normalized Difference Vegetation Index*. 4(2), 26–37.

- Sekarsih, F. N., Wahyuningtyas, P., Arfianto, S. D., Devina, A., & Bayu, I. (2025). *Pelatihan UAV untuk Mendukung Kawasan Wisata*. 6(1), 1113–1122.
- Wati, S., Dedy Irawan, J., & Agus Pranoto, Y. (2022). Rancang Bangun Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Iot(Internet of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 145–153. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4509>